

A beltéri levegő gombaszennyezettsége Magyarországon
Species composition of indoor fungi in Hungary

MAGYAR DONÁT^{1, 3}, STEFÁN GLÓRIA², KÖRMÖCZI PÉTER²,
KREDICS LÁSZLÓ², VARRÓ MIHÁLY JÁNOS¹, BALOGH KATALIN³,
NÉKÁM KRISTÓF³

¹Országos Közegészségügyi Központ, Budapest

²Szegedi Tudományegyetem, Mikrobiológiai Tanszék, Szeged

³Budai Allergiaközpont, Budapest

¹National Public Health Center, Budapest

²University of Szeged, Department of Microbiology, Szeged

³Allergy Center of Buda

Összefoglalás: A beltérben előforduló gombák többnyire allergiát, asztmát váltanak ki, más fajok mikózisokat vagy légúti irritációt okozhatnak. A szerzők célja az volt, hogy meghatározzák a magyarországi lakások különböző rendeltetésű helyiségeinek és irodaházak belső tereinek levegőjében található főbb gombataxonok előfordulási arányát és gyakoriságát. A gombák kimutatását *Andersen*-típusú levegő-mintavevő készülékekkel végezték, melynek során 100-100 liter levegőt ütköztettek klóramfenikol tartalmú 2%-os maláta kivonat-agarra, majd a mintákat 25 °C-on 5 napig inkubálták. A megjelenő spóráképző telepeket nemzetség szinten meghatározták, majd a telepkepző egységek koncentrációját légköbméterre kiszámítva adták meg. Összesen 55 lakás 118 lakóhelyiségében, valamint 18 irodaépület 44 irodájában végezték el a vizsgálatot. A lakásokon belül különböző helyiségekben (hálószoba, konyha, stb.) történt mintavétel, melyek szennyezettségét a szerzők külön-külön is elemezték. A levegőmintákban 25 gombanemzetséget mutattak ki. A cikk tárgyalja a beltéri gombák légköri előfordulásával és koncentráció-értékeinek meghatározásával kapcsolatos észrevételeket is.

Kulcsszavak: penészgomba, beltéri levegőminőség, egészségi hatás

Abstract: Indoor molds could act as the causative agents of allergy, asthma, mycoses or irritation of the respiratory tract. The aim of the study was to determine the relative abundance and concentration of airborne fungi in different room types of residential homes and office buildings in Hungary. Air samples (100-100 L) were collected with *Andersen*-type samplers onto 2% malt extract agar with chloramphenicol. The samples were incubated at 25°C for 5 days. The resulting colonies were identified at genus level and counted; concentrations were expressed as colony forming unit/m³. In 55 residential homes a total of 118 rooms and in 18 office buildings 44 offices were studied. Room types (bedroom, kitchen, etc.) were analysed separately as well. Twenty-five fungal genera were detected in the air samples. The occurrence of fungi and aspects to evaluate airborne fungal levels are also discussed.

Keywords: fungi, quality of indoor air, health impact

Bevezetés

A beltéri levegő minőségét számos kémiai, fizikai és biológiai tényező befolyásolja. A biológiai tényezők között növényi eredetűek (pollen), állati eredetűek (poratkák, rovarok) és gombaeredetűek találhatók; ez utóbbiak származhatnak kültéri vagy beltéri forrásból. Kültéri forrásuk lehet például a növényzet, talaj vagy mesterségesen előállított termék (pl. komposzt). A gombák közül elsősorban a beltéri környezetben élő taxonoknak van egészségügyi jelentősége (*taxon*nak nevezik az élőlények egyazon kategóriába sorolt és közös gyűjtőnévvel ellátott csoportját) – az ismert, kb. másfél millió gombafajból mintegy ezernek a beltéri előfordulását jelezték (1). Napjainkig több mint 80 gombafajt hoztak összefüggésbe a gyakoribb légzőszervi megbetegedésekkel (2), ezek többsége az ún. penészgombák (fonalgombák, Hyphomycetes) közé tartozik. Míg bizonyos penészgombafajok csupán esztétikai gondot okoznak, addig mások komoly egészségi panaszokért lehetnek felelősek.

Számos tanulmány felvetette, hogy az épületekkel összefüggő betegségek előfordulásának jelentős része penészgombákhoz kapcsolódik (3-7), pl. szénanátha (allergiás rhinitis), asztma, túlérzékenységi tüdőgyulladás (hyperszenzitív pneumonitis), orrmelléküreggyulladás (rhinosinusitis) és légúti fertőzések. A penészgomba-eredetű allergén-expozíció mértékét számos tényező határozza meg, amely épületenként és helyiségenként is jelentősen eltérő lehet a szennyezettség mértékétől, az egyéni érzékenységtől és a gombafajtól függően.

A gombaspórák magas légköri koncentrációja többnyire allergiás megbetegedéseket vált ki, főleg az atópiás hajlamú betegeknél. A tünetek súlyossága és tartóssága a legtöbb allergiás betegségénél arányosan növekszik az allergén koncentrációjával (8). Ha az allergiás beteg hosszabb időn át nagy mennyiségű allergén expozíciójának van kitéve, akkor akár asztma is kialakulhat. Egyes *Aspergillus*- és *Fusarium*-fajok súlyos kimenetelű fertőzéseket (allergiás bronchopulmonális aspergillosis, szaruhártya-gyulladás, stb.) is okozhatnak, azonban ezek általában csak akkor fordulnak elő, ha az egyén valamilyen, az immunrendszer gyengébb működését előidéző alapbetegségben szenved (9-11).

Számos gombafaj növekedése közben illékony szerves vegyületeket termel (microbial volatile organic compounds, MVOC), melyek kellemetlen dohszagot, ill. nyálkahártya-irritációt okoznak. Ezek, valamint a bomló szubsztrátok is felelősek lehetnek bizonyos aspecifikus tünetekért (pl. szem-, orr-, torokirritáció, fáradtság) (12). Súlyosbíthatja még az allergiás tüneteket a magas gombakoncentráció miatt létrejött általános rossz közérzet, depresszió, valamint a különböző gyulladásos folyamatok. A penészek a fent említett tünetek mellett még okozhatnak fejfájást is. Bizonyos gombafajok megfelelő környezeti feltételek mellett mikotoxinokat is termelnek, melyek a másodlagos gombametabolitok közé tartoznak (13, 14); ezek toxikus reakciókat okozhatnak.

A mikotoxinok elsősorban élelmiszerekkel juthatnak be a szervezetbe, súlyos, legfőképpen idegrendszeri tüneteket okozhatnak, emellett karcinogén, máj- és vesekárosító hatásuk is ismert (15). Azonban annak eldöntésére, hogy a környezeti levegő útján képesek-e megbetegedést kiváltani, még nem áll rendelkezésre elegendő tudományos bizonyíték. A gombasejtfal összetevői, mint például az (1-3)- β -D-glükánok, szintén kiváltó okként szerepelhetnek (16) különféle betegségekben.

Meg kell említenünk, hogy egyes penészgombák ún. kairomon vegyületeket is termelnek: vonzzák a poratkákat és azok megtelepedésében is szerepet játszanak. A poratkák ürüléke szintén asztmás panaszokat okozhat. A gombák egészségi hatása tehát jelentős mértékben függ az adott gombafaj (vagy gombakemotípus) allergén-, mikotoxin- és MVOC-termelő képességétől, valamint szennyező és fertőzőképességétől. Mindezek alapján a kezelőorvos számára fontos tájékoztatás lehet annak ismerete, hogy a számos lehetséges gombafaj közül melyik fordul elő a beteg környezetében, melyik okozza a panaszokat.

A gombaszennyezettség gyanújának fennállása esetén a mintavétel fő célja a jelenlévő gombák észlelése, azonosítása és mennyiségük meghatározása (17). A mintavétel megkezdése előtt bizonyos lényeges tényezőket (a felmérés indoka, a keresett gombák típusai, mintavételi gyakoriság, mintavételi helyek) meg kell állapítani. A mintavételi helyek kijelölése vagy a szobában eltöltött időnek (hálószoba vagy nappali), vagy a magas páratartalom fennállásának (fürdőszoba vagy konyha) a függvénye (18-20). Mivel a penészgombák számos légzőszervi bajjal összefüggésbe hozhatók, ezért gyakran végeznek levegő-mintavételt beltéri környezetben. A bioaeroszol-mintavételnél a mintavevő készülékbe helyezett táplemezre vagy folyékony tápközegbe csapódik a minta.

A beázás és a penészesedés egészségkárosító hatásait több hazai és nemzetközi kutatás is igazolta (21). Az épület nedvesedése, valamint a köhögés és az asztma, továbbá a penészgomba-koncentráció és a túlérzékenységi tüdőgyulladás közötti összefüggés tudományosan bizonyított (22). Kutatásokkal igazolt tény, hogy a penész jelenléte a lakásokban növeli a különböző megbetegedések esélyét. Az Egészségügyi Világszervezet (21) beltéri levegőminőséggel kapcsolatos útmutatója szerint a nyirkos vagy penészes lakásban élőknel a légzőszervi tünetek és az asztma kialakulásának az esélye akár 75%-kal is nagyobb lehet. A penészes lakásokban jelentősen nagyobb az esély a légző szervrendszeri betegségek megszerzésére, mint a nem penészesekben (23).

Más vizsgálatok szerint a penésszel szennyezett lakásban élőknel 50%-kal magasabb az asztma és más légzőszervi betegségek megjelenésének valószínűsége, mint azoknál, akik nem ilyen környezetben laknak (24). Az Egészségügyi Világszervezet 2009-ben kiadott nyilatkozata (21) szerint elegendő klinikai bizonyíték gyűlt össze a nedves épületek egészségkárosító hatására vonatkozóan. Egy olaszországi kérdőíves felmérés alapján tudjuk,

hogy a kisgyermekeknél szorosabb az összefüggés a penészek előfordulása és a tünetek között, mint az idősebbeknél (25).

Ezt a megfigyelést finn kutatók is megerősítették több mint ezer, 18–25 éves tanuló bevonásával végzett vizsgálatuk során. Kimutatták, hogy a beázás és a lakásban található penész szoros összefüggésben állt elsősorban az asztma, valamint az allergiás orrmelléküreggyulladás és az atópiás dermatitis (ekcéma) előfordulásával (26). Különösen újszülöttek és kisgyermekek környezetét javasolt felülvizsgálni, mivel az élet első hónapjaiban előforduló táplálékallergiák, atópiás bőrgyógyászati tünet együttesek bizonyítottan ritkábbak allergénszegény beltéri környezetben.

A gyermekkorban szerzett betegség sokszor felnőttkorban sem múlik el, végigkísérik az emberek életét. A megzavart immunrendszer újabb allergiák kialakulásához vezethet. A felnőtt lakosság esetében is fontos tényező a lakás, ill. a munkahely penészgomba-szennyezettsége, elsősorban asztmás, ill. allergiás betegségek esetén.

Az irodákkal kapcsolatban gyakran emlegetett „beteg épület tünet-együttest” (sick building syndrome, SBS) a WHO 1986 óta elismeri. Az SBS esetén a beltéri szennyezőanyagok egyike sem éri el az előírt egészségügyi határértéket, de hatásuk összeadódva mégis kellemetlen tüneteket (nyálkahártya- és bőrirritációt, fejfájást, neuropszichiátriai zavarokat, asztmás jellegű panaszokat) idéz elő egy bizonyos, a helyiségben eltöltött idő után, melyek az épületből való távozást követően elmúlnak. Az SBS egyik fontos tényezője az irodaházak levegőjének penészgomba-szennyezettsége. Vizsgálatok azt is kimutatták, hogy nőknél a *Penicillium*, míg férfiak esetében az *Alternaria* előfordulása növelte meg az SBS kockázatát (27). A gomba érzékeny egyének a teljes népesség 10%-ában, az asztmás betegek között viszont 5–40%-ban fordulnak elő (28–31).

A hazánkban végzett Országos Gyermek Légúti Felmérés alapján a lakásokban észlelt nedvesedés és penész a bentlakók egészségi állapota szempontjából az egyik legfontosabb belső kockázati tényező, ezért megelőzésükre az eddigieknél sokkal nagyobb figyelmet kell fordítani (32). A penészes lakásban élők között a depresszió is szignifikánsan gyakrabban fordul elő (33).

Pszichoszomatikus tünetek környezet-epidemiológiai összefüggéseit vizsgálták 1995 és 2002 között közel húszezer 7–11 éves gyermek körében. A felméréseknél a penészesedésre is rákérdeztek, amivel az összefüggés esélyhányadosa (EH) 1,54 volt (95%-os megbízhatósági tartomány, MT=1,33–1,77) volt (34).

A Nyergesújfalui Eternitgyár körzetében 2000 és 2004 közötti időszakban kerestek összefüggést expozíciók és egészségkárosodás között. A vizsgálat során a penészek egészséggel való kapcsolatát is tanulmányozták. Az eredményből kiderült, hogy az összefüggés mértéke a legsúlyosabb tünettől, a tüdődaganattal: EH=7,46 (95%-os MT=2,18–

25,52), valamint a lázas meghűlésekkel: $EH=2,51$ (95%-os $MT=1,43-4,40$) és a reggelenkénti köhögéssel: $EH=2,31$ (95%-os $MT=1,44-3,70$) volt (35,36).

A születésüktől fogva penészes lakásban élő gyermekeknél kimutatható volt összefüggés a fejlődési rendellenességekkel is, amely eredmény további vizsgálatát javasolták a szerzők (37).

Komáromban, a felnőtt lakosság körében végzett felmérések szerint az egészségromlás legjelentősebb összefüggése a lakás penészesedésével állt kapcsolatban (a vizsgálat 953 főre terjedt ki.). A vizsgált személyek kb. fele lakott családi házban, a hatoda többszintes téglapépületben, a harmada lakótelepi panelházban. A lakások egyharmadánál volt a vizsgálatot megelőző 10 évben nedvesedés és penészesedés. A lakások 33,3%-ában, vagyis 142 lakásban néha volt penészesedés, 8,4%-ában, vagyis 36 lakásban viszont mindig (38).

A Nemzeti Egészségügyi Akcióprogram keretében hat városban, összesen 122 általános iskolai tanuló lakókörnyezetében végzett vizsgálat szerint a lakások csaknem egyötödében jelentős a penészgomba eredetű szennyezettség (39). 1996 és 2003 között 20 000, 7-11 éves gyermekekre kiterjedő vizsgálatot készítettek. Az allergia és a penészes gyerekszobák összefüggése a gyermekeknél $EH=1,74$ (95%-os $MT=1,45-2,09$) volt (40).

Három magyarországi városban végzett kérdőíves felmérés alapján a penészes lakások száma közel 7%-al növekedett 9 év alatt: 1996-ban a válaszadók 28,38%-a, 2005-ben 35,21%-a számolt be arról, hogy lakásában előfordult már penészesedés (41).

A felsorolt hazai vizsgálatokból kitűnik, hogy a penészesedés komoly egészségi kockázatot jelent Magyarország lakosságára nézve. Viszont az is látható, hogy a hazánkra vonatkozó ismeretanyag szinte teljes egésze a lakosság megkérdezésével, kérdőíves epidemiológiai gyűjtésekre, tanulmányokra épül. Kiszámú közlemény található csupán, mely beltéri mikológiai kutatáson (39,42) vagy allergológus szakorvos által betegeken végzett penészgomba-túlérzékenységi vizsgálatokon (43) alapul.

A beltéri levegő penészgomba-szennyezettségére vonatkozó hazai közlemények hiánya miatt szükségesnek tartottuk ezen ismeretek pótlását. Jelen munkánk célja, hogy bemutassuk a magyarországi lakások és irodák különböző rendeltetésű helyiségeinek levegőjében jellemzően megtalálható főbb penészgomba-nemzetségek előfordulási gyakoriságát és légköri koncentrációját.

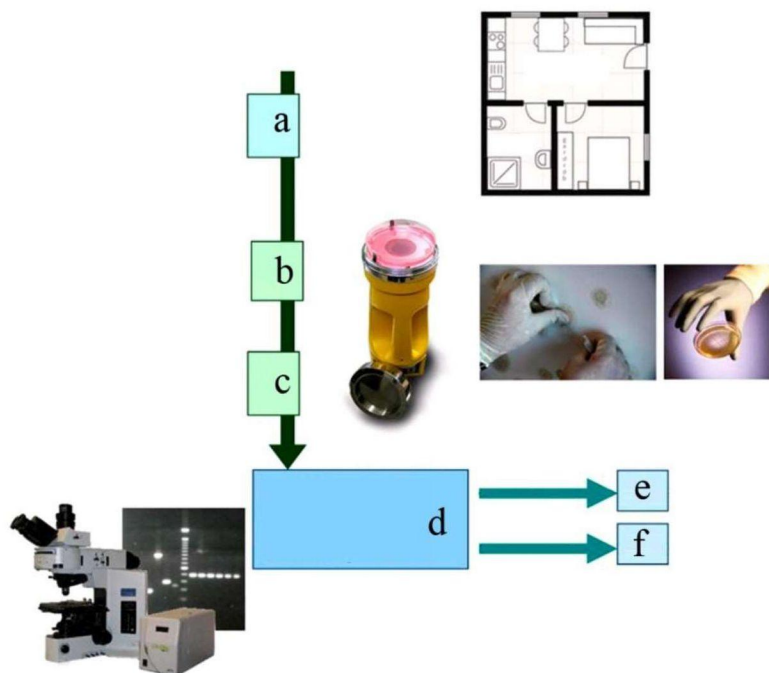
Anyag és módszer

A beltéri aeromikológiai vizsgálat folyamata

A vizsgálatban szereplő hazai lakásokat és irodákat nem véletlenszerűen választottuk ki, hanem általában valamilyen egészségi panasz vagy penészesedés miatti aggodalom okán kerültek kivizsgálásra. Első lépésben az épület és a szellőzőrendszer tervrajzát kértük be, ill.

tájékozódunk az épület koráról, elhelyezkedéséről, korábbi beázásokról, tünetekről és egyéb panaszokról (szag, por, foltok jelenléte). Ezt követően helyszíni bejárás során felmértük a penészgomba-szennyeződés lehetséges forrásait, az épület szerkezetét, anyagait, a szellőzés jellegét, a pangó légtereket, a falak/mennyezet/padló nedvességtartalmát és a hőhidakat (a felületi hőmérsékletet, harmatpontot, a léghőmérsékletet és a relatív páratartalmat). A lakók figyelmét felhívtuk arra, hogy a vizsgálat előtt 12 órával ne szellőztessenek. Ezt követően mintákat gyűjtöttünk a házi porból, a felületekről és a levegőből (jelen dolgozatban csak ez utóbbi eredményeiről számolunk be).

A levegőből történő mintavételre egyszintű Andersen-féle mintavevő készüléket használtunk [44; SAS IAQ (gyártó: International PBI S.p.A., Milan, Italy; MAS-100 gyártó: EMD Millipore, Merck KGaA, Darmstadt)]. A mintavétel során a készülék 100-100 L levegőmintát ütköztet egy 90 mm-es Petri-csészébe öntött klóramfenikol-tartalmú 2%-os malátakivonat-agar felületére (0,25%-os élesztőkivonat, 20%-os malátaoldat, 1% glükóz, 2% agar). A levegő adott átmérőjű réseken halad át, ezáltal a vizsgálandó mérettartományba eső részecskék jutnak a táptalajra. A mintákat 25°C-on 5 napig inkubáltuk. A megjelenő sporuláló telepeket nemzetségszinten meghatároztuk, megszámoltuk, és egy korrekciós tényezővel megszorozva (45) 1 m³ levegőre átszámítva adtuk meg a légköri telepkepző egységek (CFU) koncentrációját. A vizsgálat menetét az 1. ábrán mutatjuk be.



1. ábra: A beltéri mikológiai vizsgálatok folyamata. a: „helyszínelés”: épület előzetes vizsgálata, b: levegőminták gyűjtése, c: felületi- és anyagminták gyűjtése, d: laboratóriumi vizsgálatok, e: jelentéskészítés, ajánlások, f: kutatás

Fig 1: The steps of indoor mycological inspection a: site visit, b: aerobiological sampling, c: tape lift, swab and bulk sampling, d: laboratory analysis, e: report, recommendations, f: research

A gombák azonosítása

Az azonosítás során vizsgáltuk a gombák növekedését és telepmorfológiáját, továbbá fénymikroszkóp (Zeiss Jenaval) 600× nagyításán a spórák/konídiumok alakját, méretét, színét, valamint képződésük módját. A fenti jellemzők alapján a gombákat nemzetségszinten határoztuk meg (46-54). (A fajszerű vizsgálatok nem képezik a jelen dolgozat tárgyát. A spórát/konídiumot nem képző gombákat mikroszkópos módszerrel nem lehet meghatározni, így ezeket nem vontuk be az elemzésekbe. A penészgombák mellett az élesztőgombák előfordulási adatait viszont feltüntettük. A 2008–2013 között gyűjtött adatokat Excel segítségével dolgoztuk fel.

Eredmények*Helyiségek és nemzetségek száma*

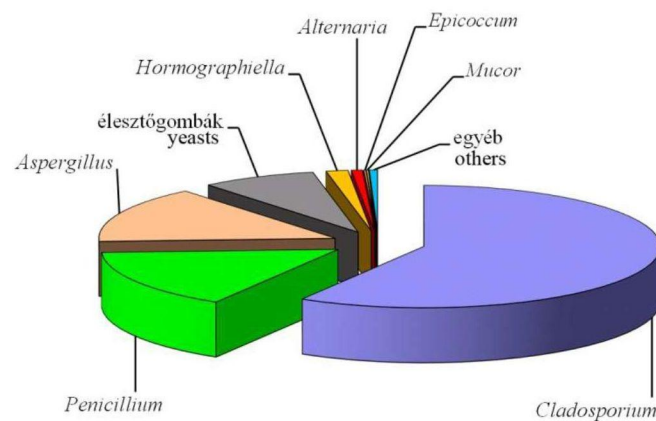
Összesen 55 lakás 118 lakóhelyiségében és 18 irodaépület 44 irodájában végeztük el a vizsgálatot. A lakásokon belül különböző helyiségekben (hálószoba, konyha, stb.) történt mintavétel, melyek szennyezettségét külön-külön is elemeztük (I. táblázat). A beltéri levegőmintákban 25 gombanemzetséget mutattunk ki, ezekből egy a Zygomycota törzshöz (Rhizopus), egy a Basidiomycota törzshöz (Hormographiella), a többi 23 pedig az Ascomycota törzshöz tartozott (Acremonium, Alternaria, Arthrinium, Aspergillus, Aureobasidium, Beauveria, Botrytis, Chrysonilia, Cladosporium, Curvularia, Engyodontium, Epicoccum, Fusarium, Geotrichum, Gliocladium, Nigrospora, Paecilomyces, Penicillium, Pestalotiopsis, Phoma, Rhinocladiella, Trichoderma, Ulocladium).

I. TÁBLÁZAT: A vizsgált helyiségek száma**TABLE I: The number of the examined room types**

Helyiségek-Rooms	Mennyiség(db)-Quantity (pcs)
Lakásban/házban - in the apartment/house	
– Gyerekszoba-children's room	27
– Hálószoba-bedroom	26
– Nappali/amerikai konyha-living room/kitchen	28
– Fürdőszoba-bathroom	21
– Konyha-kitchen	10
– Pince/alagsor-cellar/basement	6
Irodaházban-in the office building	
– Irodahelyiség-office	44

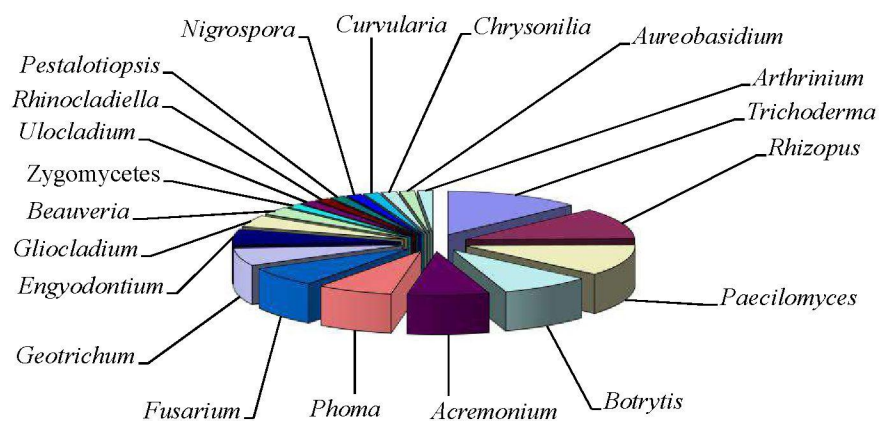
Leggyakoribb gombanemzetségek a beltéri levegőben

A beltéri levegőmintákban kimutatott gombanemzetségek közül összkoncentráció alapján a *Cladosporium* adta a legmagasabb értéket (58%), ezután a *Penicillium* (16%), majd az *Aspergillus* (15%) nemzetség következett. A 2. ábra a 100 CFU/m³ feletti összkoncentrációjú gombanemzetségek előfordulási arányát mutatja be, a 3. ábra pedig a 100 CFU/m³ koncentráció alattiakat szemlélteti.



2. ábra: A beltéri levegőmintákban nagyobb mennyiségben (100 CFU/m³ felett) előforduló gombataxonok aránya összkoncentráció alapján hazai lakásokban, 2008–2013.

Fig 2: The concentration of abundant (>100 CFU/m³) fungal taxa in indoor air samples collected from Hungarian homes between 2008 and 2013.



3. ábra: A beltéri levegőmintákban kisebb mennyiségben (100 CFU/m³ alatt) előforduló gombanemzetségek aránya összkoncentráció alapján hazai lakásokban, 2008–2013.

Fig 3: The concentration of rare (<100 CFU/m³) fungal genera in indoor air samples collected from Hungarian homes between 2008 and 2013.

A vizsgált lakások levegőjében 98%-ban kimutatható volt a *Cladosporium*, 88%-ban *Penicillium*, 63%-ban *Aspergillus*, 76%-ban élesztőgombák, 11%-ban *Hormographiella*, 22%-ban *Alternaria*, 5%-ban *Epicoccum* és 2,5%-ban *Mucor*.

Eredményeink szerint jelentős eltérések mutatkoztak az egyes helyiségtípusok levegőmintáiban mért gombaszennyezettség vonatkozásában (II. táblázat).

II. TÁBLÁZAT: A beltéri levegőmintákban kimutatott gyakoribb gombataxonok előfordulása az egyes helyiségtípusokban (%), hazai lakásokban, 2008–2013.

TABLE II: Occurrence (%) of common fungal taxa detected in indoor air samples in different room types of Hungarian homes, between 2008 and 2013.

	gyerekszoba	hálószoba	nappali	fürdőszoba	konyha	pince	iroda
	children's room	bedroom	living room	bathroom	kitchen	cellar	office
<i>Cladosporium</i>	100,0	100,0	100,0	90,5	100,0	83,3	81,8
<i>Penicillium</i>	81,5	84,6	89,3	100,0	80,0	100,0	68,2
<i>Aspergillus</i>	66,7	61,5	64,3	42,9	70,0	100,0	29,6
<i>Hormographiella</i>	7,4	11,5	21,4	9,5	10,0	0,0	29,6
<i>Alternaria</i>	22,2	11,5	25,0	33,3	20,0	16,7	27,3
<i>Epicoccum</i>	7,4	0,0	3,6	9,5	0,0	16,7	2,3
<i>Mucor</i>	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	33,3	0,0
élesztőgombák-yeasts	74,1	76,9	75,0	76,2	80,0	83,3	40,9

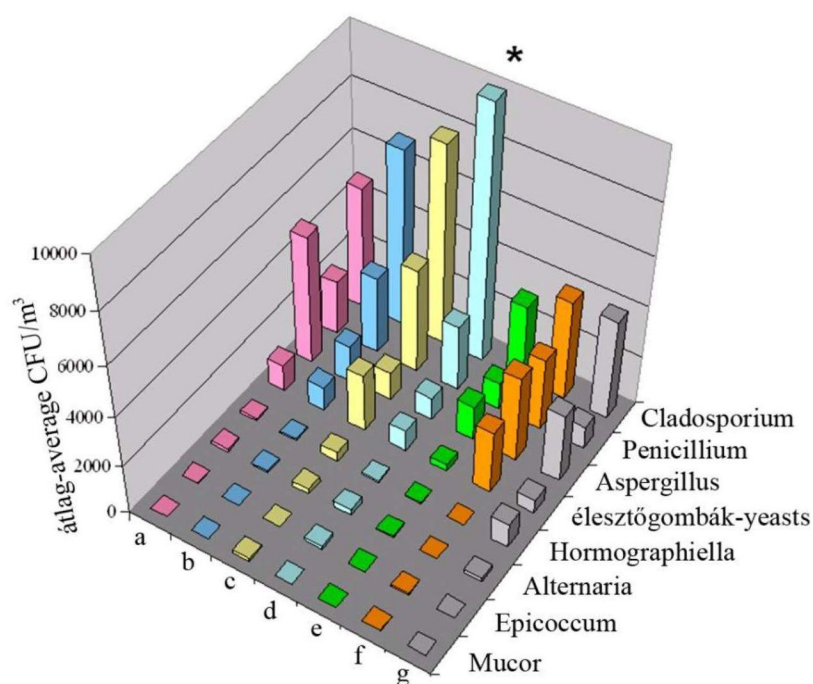
A II. táblázatból láthatjuk, hogy a *Cladosporium* nemzetség a legtöbb helyiségtípus esetében 100%-ban jelen volt (a lakásokon belül 115 helyiség levegőjében fordult elő). A *Penicillium* nemzetség valamennyi fürdőszoba és a pince levegőjében előfordult, míg az *Aspergillus* nemzetség csak a pincék levegőjében volt ilyen gyakorisággal jelen. A vizsgált helyiségekben *Penicillium* eredetű penészesedés esetén általában egynél több *Penicillium*-faj volt jelen a mintákban, míg az *Aspergillus* által szennyezett lakásokban többnyire egy *Aspergillus*-faj dominált (III. táblázat).

III. TÁBLÁZAT: Az *Aspergillus* spp. megoszlása a megvizsgált beltéri levegőmintákban hazai lakásokban, 2008–2013.

TABLE III: Occurrence of *Aspergillus* spp. in the indoor air samples collected from Hungarian homes, between 2008 and 2013.

Aspergillus szekció	Aspergillus sp.	esetszám (db)	telepképző egységek száma (CFU/m ³)
Aspergillus sectio n.	Aspergillus sp.	of cases	n. of colony forming units (CFU/m ³)
Aspergillus sect. Aspergillus		3	70
Aspergillus sect. Circumdati		3	60
Aspergillus sect. Clavati		3	40
Aspergillus sect. Flavi		11	140
Aspergillus sect. Fumigati		8	90
Aspergillus sect. Nigri		24	420
Aspergillus sect. Paradoxa		1	10
Aspergillus sect. Versicolores	Aspergillus sydowii	18	8790
	Aspergillus versicolor	23	4480
egyéb/other Aspergillus spp.		31	1802

Az egyes gombataxonok előfordulása mellett azok légköri csíraszámát is elemeztük. A 4. ábrán a 8 leggyakoribb faj összkonzentrációját mutatjuk be a különböző helyiségtípusokra vonatkoztatva.

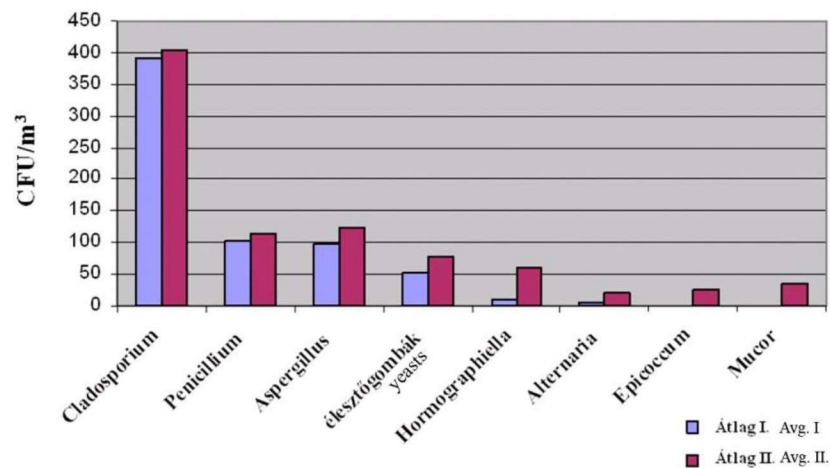


4. ábra: Az egyes beltéri helyiségek levegőjében gyakrabban előforduló gombataxonok összkoncentrációja (CFU/m³) hazai lakásokban, 2008–2013. a: gyerekszoba, b: hálószoba, c: nappali, d: fürdőszoba, e: konyha, f: pince, g: iroda. * = 32592 CFU/m³

Fig 4: Total concentration of common fungal taxa detected in the indoor air of different room types (CFU/m³) of Hungarian homes, between 2008 and 2013. a: children's room, b: bedroom, c: living room, d: bathroom, e: kitchen, f: cellar, g: office. * = 32592 CFU/m³

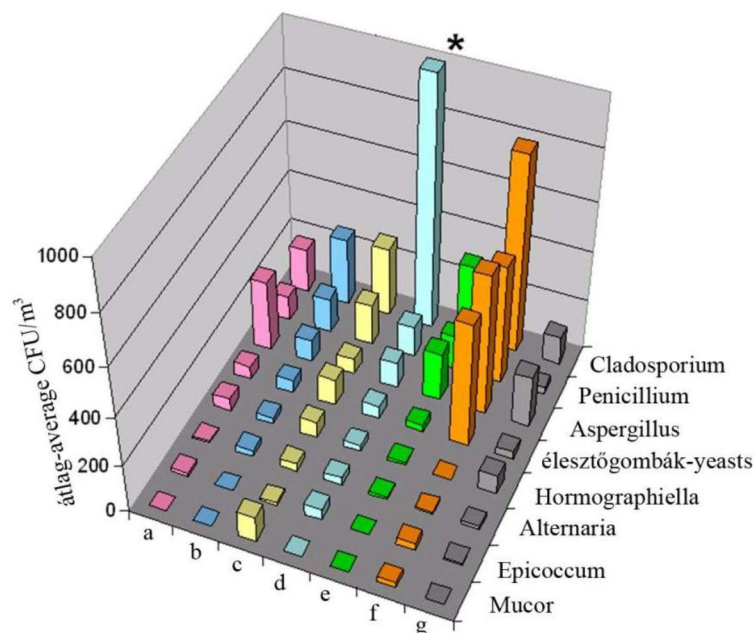
Látható, hogy a *Cladosporium* nemzetség légköri koncentrációja kiemelkedő a fürdőszobák esetében (összkoncentráció: 32.592 CFU/m³; a legmagasabb koncentrációt szintén a *Cladosporium* érte el 26.280 CFU/m³-rel, az egyik lakás fürdőszobájában). A második legmagasabb koncentrációt az *Aspergillus* esetében mértünk (3300 CFU/m³).

Az összkoncentráció mellett az átlagos koncentráció eredményeire is érdemes kitérnünk. Fontos megemlíteni, hogy az átlag kétféleképpen számolható ki: egyrészt az összes helyiségre vonatkozóan (átlag I. = összkoncentráció/ összes helyiségek száma), másrészt csak azokra a helyiségekre, melyek levegőjében az adott gomba jelen volt (átlag II. = összkoncentráció/ azon helyiségek száma, melyek levegőjében az adott gomba kimutatható). Az átlagszámítások eredményeit a 5. ábrán mutatjuk be. Az egyes helyiségtípusok levegőjére vonatkozóan a beltéri penészgombák átlagos légköri koncentrációját a második módszerrel (átlag II.) számítottuk ki, melynek eredményét a 6. ábra szemlélteti.



5. ábra: A gombák átlagos légköri koncentrációja (CFU/m³) a kétféle átlagszámítás alapján (átlag I. = összkoncentráció/összes helyiségek száma; átlag II. = összkoncentráció/azon helyiségek száma, melyek levegőjében az adott gomba kimutatható)

Fig.5: Average concentration of fungi detected in indoor air (CFU/m³). Average values were calculated with two different methods (avg. I: total concentration/total number of rooms; avg. II: total concentration/ total number of rooms having the given fungus in the air)

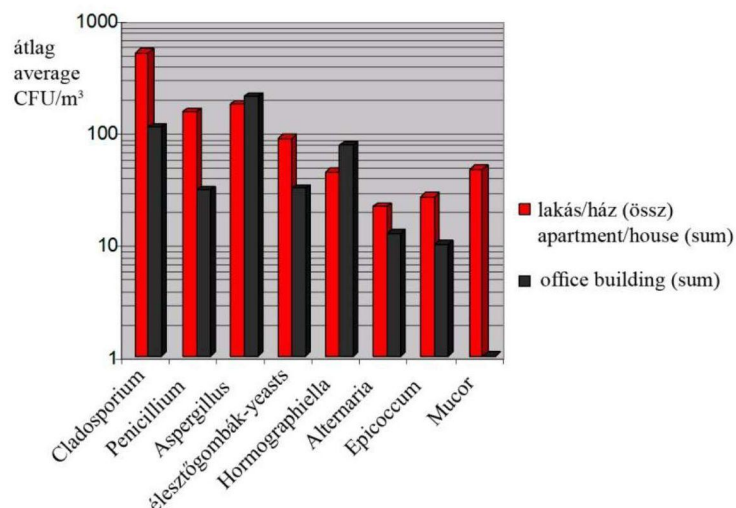


6. ábra: Az egyes beltéri helyiségek levegőjében gyakrabban előforduló gombák átlagos koncentrációja (CFU/m³) hazai lakásokban, 2008–2013. a: gyerekszoba, b: hálószoba, c: nappali, d: fürdőszoba, e: konyha, f: pince, g: iroda. * =1715,4 átlag CFU/ m³

Fig 6: Average concentration of common fungaltaxa detected in the indoor air of different room types (CFU/m³) of Hungarian homes, between 2008–2013. a: children's room, b: bedroom, c: living room, d: bathroom, e: kitchen, f: cellar, g: office.* =1715,4 avg. CFU/ m³

Az átlagkoncentrációt tekintve szintén a *Cladosporium* nemzetség emelkedett ki, ugyancsak a fürdőszobákban ($1715,4 \text{ CFU/m}^3$), de a pincékben is igen magas *Cladosporium*-szint volt mérhető ($796,0 \text{ CFU/m}^3$). A pincék levegőjében az összkoncentráció alapján további három gombataxon érdemel említést: a *Penicillium* és az *Aspergillus*-nemzetség, továbbá az élesztőgombák. A gyerekszobánál és az irodáknál is a *Cladosporium* és az *Aspergillus* nemzetség emelkedett ki.

A lakások és irodák összehasonlítását külön végeztük el, melynek eredményét a 7. ábrán tüntettük fel. Az eredményből látható, hogy az irodákban általában kisebb koncentrációban vannak jelen a vizsgált gombák. A *Cladosporium* és a *Penicillium* nemzetségek fajtái leginkább a lakásokra voltak jellemzőek. Csupán az *Aspergillus* és a *Hormographiella* nemzetségek esetében állapítható meg magasabb koncentráció az irodákban, mint a lakásokban.



7. ábra: Lakások és irodák beltéri levegőjében előforduló gyakoribb gombataxonok átlaga, hazai épületekben, 2008–2013.

Fig 7: Average concentration of fungi detected in indoor air (CFU/m^3) in Hungarian buildings, between 2008–2013.

A kültéri és a beltéri koncentrációt összehasonlítva azt az eredményt kaptuk, hogy a *Cladosporium* átlagosan 4-szer magasabb koncentrációt ért el a kültérben, mint a beltérben, szemben az *Aspergillus*- és *Penicillium*-fajokkal, ahol a csíraszám a beltérben volt magasabb (a kültéri koncentráció 5 ill. 2-szerese volt mérhető). A *Cladosporium* a kültérben magas, 500 CFU/m^3 feletti csíraszámot 32 esetben ért el, míg a beltérben csak 21 ilyen esetet jegyeztünk fel. Az *Aspergillus*- és *Penicillium*-fajoknál a $>50 \text{ CFU/m}^3$ koncentráció a kültérben ritkábban (3, ill. 12 esetben) alakult ki, mint a beltérben (26, ill. 47 esetben).

Megbeszélés

A gombák koncentrációja a beltéri levegőben és az azt befolyásoló tényezők

A hazai lakások és irodák levegőjének vizsgálata alapján a leggyakoribb gombaeredetű légszennyezőknek az *Aspergillus*, *Cladosporium* és *Penicillium* nemzetségek bizonyultak. Eredményeink szerint a *Cladosporium* és a *Penicillium* nemzetségek leginkább a lakásokra jellemzőek, szemben az irodákkal, ahol az *Aspergillus* és a *Hormographiella* nemzetségek domináltak. Az *Aspergillus*-fajok jelenléte utalhat az irodaház szellőzőrendszerének vagy az egyes irodák penészgomba-szennyezettségére. Amennyiben a szellőzőrendszerben por és megfelelő mennyiségű nedvesség van jelen, az kedvező feltételeket teremt az *Aspergillus*-fajok szaporodásának. A *Hormographiella*-fajok viszont kültéri eredetűek, főként a tintagombák ivartalan (konídiumos) alakjai tartoznak ide. Gyakori előfordulásukra két magyarázat is kínálkozik. A *Hormographiella* konídiumok kisebb méretűek, mint több más, jellemzően kültéri gomba konídium (*Alternaria*, *Botrytis*, *Epicoccum*, *Cladosporium*, stb.) így a szellőzőrendszer szűrőin átjutva megnő viszonylagos gyakoriságuk a beltéri levegőben. A másik elmélet szerint az irodákba a ruházattal hurcolják be az ott dolgozók a bazidiospórákat.

A vastag falú, kiszáradást jobban tűrő bazidiospórák az irodák légterében tovább megtartják csíráképességüket, és relatív gyakoriságuk ezért nő meg a többi mesterséges táptalajon tenyészthető gombával szemben. A levegőmintavételt követően a táptalajokon a bazidiospórákból fejlődnek ki a *Hormographiella*-fajok. E gombák allergenitása kevésbé ismert. Összességében az irodák levegője kevésbé volt gombákkal szennyezett, mint a lakásoké, és ennek oka általában a szűrőkkel ellátott, jól karbantartott és tisztított szellőzőrendszerekben keresendő.

A beltéri penészesedés hatása a levegő minőségére gombanemzetségenként változó lehet. Ennek oka, hogy egyes gombák kis területen is nagy mennyiségű spóra előállítására képesek, pl. a *Penicillium*-fajok. Ennek az ellenkezőjére a példa az *Alternaria*, mely azonos méretű felületen jóval kisebb mennyiségű spórát termel. Az *Alternaria* és az *Epicoccum* esetében megemlítendő, hogy maláta-táptalajon nem minden esetben képeznek spórákat (konídiumokat), így ezeket a mikroszkópos határozás során nem lehet nemzetség szinten azonosítani, vagyis e gomba előfordulása alulbecsült.

Megfigyeléseink szerint *Aspergillus*- és *Penicillium*-fajoknál a penészes lakásokra jellemző légköri koncentráció értéke >50 CFU/m³. A *Penicillium* eredetű penészesedés esetén általában egynél több *Penicillium*-faj volt jelen a mintákban, míg az *Aspergillus* által szennyezett lakásokban többnyire egy *Aspergillus*-faj dominált (III. táblázat). Amennyiben az egyes *Penicillium*-fajok elkülönítése morfológiai alapon egyértelmű, érdemes ezeket is külön számlálni (pl. *Penicillium* sp.1, *Penicillium* sp.2.). Ennek segítségével következtetni

lehet az egyes fajok forrására (azonban allergológiai szempontból valószínűleg jobb, ha a fajokat összegezve egy „*Penicillium*-összterheléssel” számolunk).

A vizsgált helyiségek levegőjének gombatartalma nem csak beltéri penészesedésből származhat, hanem a kültéri levegőből is. Ez utóbbi esőkorban a *Cladosporium* és *Alternaria*-fajok esetében gyakori, melyek különösen nyár végén és ősszel szaporodnak el a növények levelein, majd ennek következtében igen magas kültéri koncentráció is kialakulhat, ami a lakások levegőminőségét is befolyásolja. A *Cladosporium* koncentrációja több beltéri mintában is kiugró értékeket mutatott.

A kültéri és beltéri levegőben mért csíraszám értékek összehasonlítása alapján valószínű, hogy a *Cladosporium* nagyarányú jelenlétét a lakások levegőjében főként a kültéri források hozzák létre, és e feltételezést külföldi vizsgálatok is alátámasztják (55). Azonban a beltéri eredetű *Cladosporium* szennyezettség sem ritka. A vizsgálat során mért legmagasabb szint (26 280 CFU/m³) az egyik fürdőszobában *Cladosporium*-telepek spórakibocsátása révén alakult ki.

A fentiek alapján látható, hogy amennyiben a beltéri levegőben kimutatott gombák eredetét kell kivizsgálni, fontos, hogy kültéri levegőmintát is gyűjtsünk. A levegő gombaszennyezettségének értékeléséhez használt határértékek megállapításánál is figyelembe kell venni a kültéri csíraszámot. A penészgombák légköri koncentrációjának értékeléséhez javasolt határértékeket az IV. táblázat foglalja össze. A határérték javaslat kialakításához a németországi határértéket vettük alapul (56).

A kültéri kontroll levegő mintavétellel az is eldönthető, hogy egy bizonyos faj eredete kültéri vagy beltéri. Beltéri penészgomba-telepek esetében az expozíció folyamatos és magas koncentráció alakulhat ki, mely allergiás megbetegedésekhez vezethet. Kültéri penészgomba-terhelés esetén az expozíció, és így a tünetek is szezonálisan jelentkeznek és nem köthetők egy adott épülethez. A megvizsgált épületek 6,1%-ában a *Cladosporium*, 18,4%-ában a *Penicillium* és 32,7%-ában az *Aspergillus* csíraszámuk lépte át a határértéket. Más nemzetség – így az *Alternaria*, *Hormographiella*, *Mucor*, *Paecilomyces* spp. – elvétele, 1–1 esetben jelent meg határérték feletti mennyiségben. Az élesztőgombák a megvizsgált épületek 8,2%-ában, míg az egyéb, nem sporuláló gombafajok koncentrációja 6,1%-ban haladta meg a határértéket – azonban e csoportokra vonatkozóan nem adható meg allergológiai vagy egyéb egészségkockázat, mivel közelebbi azonosításuk a mikroszkópos módszerrel nem oldható meg.

IV. TÁBLÁZAT: Javaslat a penészgombák légköri csíraszámára vonatkozó belső téri határértékekre (CFU/m³)..

CFU= telepképző egységek száma; AC= Alternaria- és Cladosporium -fajok (kültérben gyakori gombák).

TABLE IV: Proposed threshold levels for airborne fungi in indoor air (CFU/m³). AC: Alternaria or Cladosporium spp. - common outdoor fungi in outdoor air as well.

I. Határérték: ha az AC gombafajok koncentrációja kétszer magasabb a beltérben, mint a kültérben.

$$\text{Beltéri}_{AC} > \text{Kültéri}_{AC} \times 2$$

Threshold I.: if AC fungi have two times higher concentration in indoors than outdoors.

$$\text{Indoor}_{AC} > \text{Outdoor}_{AC} \times 2$$

II. Határérték: ha egy bizonyos (nem AC) faj koncentrációja számottevően (több, mint 50 CFU/m³-rel) magasabb a beltérben, mint a kültérben.

$$\text{Beltéri}_{\text{nemAC}} > \text{Kültéri}_{\text{nemAC}} + 50$$

Threshold II.: if a given non-AC fungus has considerably higher concentration (more than 50 CFU/m³) in indoors than outdoors.

$$\text{Indoor}_{\text{nonAC}} > \text{Outdoor}_{\text{nonAC}} + 50$$

III. Határérték: ha egy bizonyos (nem AC) faj koncentrációja jelentősen (több, mint 100 CFU/m³-rel) magasabb a beltérben, mint a kültérben.

$$\text{Beltéri}_{\text{nemAC}} > \text{Kültéri}_{\text{nemAC}} + 100$$

Threshold III.: if a given non-AC fungus has higher concentration (more than 100 CFU/m³) in indoors than outdoors.

$$\text{Indoor}_{\text{nonAC}} > \text{Outdoor}_{\text{nonAC}} + 100$$

IV. Határérték: ha a nem AC-fajok összcsíraszámuk jelentősen (több, mint 200 CFU/m³-rel) magasabb a beltérben, mint a kültérben.

$$\text{Beltéri}_{\Sigma \text{nemAC}} > \text{Kültéri}_{\Sigma \text{nemAC}} + 200$$

Threshold IV.: if non-AC fungi have higher total concentration (more than 200 CFU/m³) in indoors than outdoors.

$$\text{Indoor}_{\text{nonAC}} > \text{Outdoor}_{\text{nonAC}} + 100$$

Legtöbbször a telepképző egységek (Colony Forming Unit, CFU) számát használják a koncentráció kiszámításához. E módszer hátránya, hogy sosem adhat pontos koncentrációt, mivel nem tudhatjuk, hogy egy sejtből, vagy több sejtből nőtt-e ki az adott telep. A pontatlanság a csíraszámmal nő, melyet korrekciós tényezőkkel lehet kiigazítani (45). A nem tenyésztésen alapuló mintavételi eljárások (pl. a Hirst-típusú spóracsapdák) ugyan pontosabb spóra koncentráció kiszámítására adnak lehetőséget, de tenyésztés hiányában a gomba nem határozható meg. Fontos lehet továbbá a leülepedett por közvetlen mikroszkópos és tenyésztéses vizsgálata is, valamint az épületanyagokból vett minták szintén kettős (közvetlen mikroszkópos és tenyésztéses) vizsgálata.

Az épületanyagok vizsgálata előtt érdemes az anyag nedvességtartalma vagy a látható elváltozása (elszíneződés, salétromosodás, festék lepergése, táskásodása) alapján

meghatározni a mintázandó pontokat. A lakótér allergén terhelésének megállapítására önmagában egyetlen módszer sem alkalmas.

Bár a műszeres levegővizsgálattal nyert számszerű koncentráció-adatok az egyetlen határértéken alapuló egyszerű döntés lehetőségével kecsegtetnek, ez számos ok miatt elfogadhatatlan. Ugyanis nem ritka, hogy a légköri csíraszám penészgombával erősen szennyezett lakásban sem lépi át a határértéket. Egy külföldön készült tanulmány (55) szintén megerősíti ezt az általunk is tapasztalt jelenséget. E jelenségnek több oka is van. Leggyakrabban a penészgomba spórái a nedves falakon vagy a kondenzációból származó vízfilm alatt letapadnak.

Másrészt bizonyos gombák, pl. *Acremonium*, *Fusarium*, *Stachybotrys* spp. eleve ragadós spórákat termelnek, melyek nehezen jutnak a levegőbe. Hasonló a helyzet a termőtestes gombákkal (*Chaetomium*, *Phoma* spp.) is, amelyek termőtestjéből nedvesedés hatására tódul ki a spórák tömege (cirrus), ami később beszárad, majd bolygatás hatására szétszóródik. Ennek megfelelően e nemzetségek képviselői ritkák voltak a levegőmintáinkban.

A penészesedés ellenére alacsony értéket mutató légköri csíraszámra még további okai is vannak. Egyes fajok esetén lehet, hogy a gomba még nem sporulál, bár a telep már jól látható szabad szemmel. Másfelől olyan helyeken, ahol a nedvesség csak átmenetileg volt jelen, a gombatelep a kialakulását követően hamar kiszáradt és elpusztult. Ilyen esetben sem számíthatunk határérték feletti légköri csíraszámra, hiába feketéllenek penésztől a lakás falai. Mindemellett az allergénterhelés jelentős lehet ezekben a helyiségekben: az elpusztult spórák, a gomba (akár szubmikron méretű) törmelékei, gombaallergénnel szennyezett épületanyag-szemcsék továbbra is allergizálhatnak.

Az alacsony légköri csíraszám ellenére magas allergénkoncentráció látszólagos ellentmondására *Flückiger* és *mtsai* (57) is felhívták a figyelmet. Amennyiben a penészmentesítés után elmarad az alapos takarítás, az egykori telepekből származó spórák még sokáig fellelhetők a lakásban. Ilyen „spóradepók” gyakran találhatók beépített szekrények mögött, pódiumok alatt, álmennyezet fölött vagy a szellőzőrendszerben. Azonban ezek a spórák egy előre nem meghatározható időpontban, kiszáradás, bolygatás vagy légmozgás hatására nagy tömegben kiszóródhatnak.

Egyes szerzők javasolják a levegő mintavétel közben a leülepedett por felkavarását a beltér rendeltetésszerű használatának megfelelően (pl. szekrények, ajtók nyitása, ágynemű mozgatása, irattárban könyvek átlapozása). Erősebb bolygatással „worst case scenario” jellegű mérést is végezhetünk, ezt azonban a mintavételi jegyzőkönyvben meg kell említeni.

Fontos kitérnünk arra a jelenségre is, mikor a lakásban penészgombának semmi látható jele nincs, de más módon tapasztaljuk a jelenlétét: doh vagy más szokatlan szag, gyakran

pedig allergiás légúti tünetek jelzik a rejtett penészesedést. A rejtett penészesedésnek három típusával lehet találkozni:

1. a tárgyak által rejtett penész (szekrények, festmények, gipszkarton falak, falvédők, szigetelés, csempe, padló, stb. által eltakart helyeken).
2. a porszemeken kialakult penész (mikroszkópikus méretű gombatelepek fejlődnek ki a por összetevőin szerves eredetű törmeléken, textilszálakon, fűrészporon, stb. Általában magas páratartalom miatt alakul ki pangó légterekben, rosszul szellőző lakásokban, nedves falak, bútorok felszínén lerakódott porszemek felületén).
3. Szín alapján rejtett penészgombák (egyes penészgombák színe fehér- pl. *Acremonium* és egyes *Penicillium*-fajok- melyek így észrevétlenek maradnak a fehér színű falakon).

A fentiek alapján látható, hogy a légköri csíraszám mérése gyakran félrevezető lehet, ha csak ez alapján akarjuk meghatározni az allergia kockázatát. Láthattuk, hogy számos oka van annak, hogy látható penész ellenére nem mutatható ki gomba a levegőből, vagy éppen fordítva, penész nem látható, de magas a légköri gombaszám.

Magával a beázással is hasonló a helyzet: előfordulhat rejtett formában is, ill. nem minden esetben alakul ki penészgombatelep a beázás során (pl. fungicidet tartalmazó épületfestékek, mennyezeti panelek vagy gyorsan kiszáradó tárgyak esetében). A levegő-mintavételezésnek elsősorban a rejtett penészgomba-források felkutatásában van haszna, hiszen a spórák a tárgyak mögött rejtett telepekből a levegőbe jutva utalnak a gomba jelenlétére. E módszer olyannyira hatékony, hogy még a falak mögötti rejtett penészesedést is kimutathatjuk vele: a spórák, kis méretükből adódóan a fal hairszáltrepedésein át is bejutnak a lakótérbe.

Amennyiben magas légköri gombaszámot mérünk, az mindenképpen figyelmeztetésül szolgál az allergia kialakulásának magas kockázataira vonatkozóan, míg az alacsony légköri csíraszám nem jelent alacsony egészségügyi kockázati szintet. A lakók megkérdezésével folytatott kérdőíves felmérések eredményei éppen a rejtett penészesedés miatt könnyen félreértelmezhetők, mivel kevésbé alkalmasak a penészesedés és az allergia közötti összefüggés megállapítására.

Hangsúlyozni kell azt is, hogy amennyiben a lakások levegőminőség-vizsgálatán túl a lakás gomba szennyezettségének felmérése is cél, nem elég csak a levegő-mintavételre hagyatkozni, hanem a falak és a házipor közvetlen és tenyésztéses mikológiai vizsgálatát is el kell végezni. A fészini mintavétellel meg lehet határozni, hogy egy falon megjelenő folt gombanövekedés eredménye, vagy más okból keletkezett. A beltéri környezet penészmentesítésének, takarításának hatékonysága is megbecsülhető vele.

A ragasztószalaggal vett minták közvetlen mikroszkópos elemzése lehetővé teszi a spórák számának és a jelen lévő nemzetségeknek a szemikvantitatív meghatározását (58,59). A mintavevő vattapálcákat tenyésztés és molekuláris elemzés céljaira is fel lehet használni (19,60). Az otthonokban a felszíni minta nyilvánvalóan pozitív, ha penészes helyekről származik, de arra is felhasználható, hogy a mintavételi területeken a gombák biodiverzitását és csíráképeességét megállapítsák.

Az eredmények más vizsgálatok tükrében

Vizsgálatunk egy korábbi hazai felmérés eredményeivel hasonlítható össze. A Nemzeti Egészségügyi Akcióprogram keretében hat városban, összesen 122 lakásban végeztek 9–11 éves iskolai tanulók ágyából házipor-mintavételt. A házipor mintákból kitenyésztett gombatelepek 17,5%-a az *Alternaria* nemzetségbe tartozott, míg az *Aspergillus* fajok csupán 5,2%-ot tettek ki (61). E vizsgálat más előfordulási arányokat mutatott az egyes gombanemzetségek vonatkozásában. Az eltérés oka az lehet, hogy a háziporban főként egy korábbi időszakban kiszóródott spórák találhatók. A háziporban azoknak a gombafajoknak van nagyobb esélye a túlélésre, amelyek jobban tűrik a kiszáradást, így a házipor mintákban ezek aránya növekszik meg. Ezzel szemben a levegőminták elsősorban a gombatelepekből frissen kiszóródott fajok összetételét tükrözik. Mivel a NEKAP vizsgálatban a mintavétel nem levegőből, hanem háziporból készült, a kevésbé szárazságtűrő nemzetségek alulreprezentáltak. Ismereteink szerint a jelenlegihez hasonló, a hazai beltéri levegő mikológiai adatait átfogóan értékelő vizsgálat korábban nem történt hazánkban. Viszont a nemzetközi szakirodalomban több olyan vizsgálatot találtunk, melyeket a cikkünkben leírt módszerek szerint végeztek, így ezekkel összehasonlíthatók az eredményeink.

Kanadában 1990-ben készült egy felmérés a beltéri penészgombákról. 122 lakást, ezen belül 5 különböző szobát (konyha, nappali, fürdőszoba, pince) vizsgáltak. Az eredményeket télen és nyárra bontották, így az is kiderült, hogy nyáron a gombák legnagyobb koncentrációban a pincékben, hálósobákban, kisebb koncentrációkat pedig a nappalikban és a fürdőszobákban voltak jelen. Télen ez úgy változott, hogy legnagyobb gomba koncentrációt a hálósobákban, a nappalikban és a pincékben, kisebb koncentrációban pedig a konyhákban és fürdőszobákban találtak. A kutatók 28 nemzetséget találtak, ezek közül 11-et azonosítottak (a három leggyakoribb nemzetség a *Cladosporium*, a *Crysonilia* és a *Penicillium* volt, utánuk kisebb százalékban az *Alternaria*, a *Fusarium* és a *Trichoderma* fordult elő). Hálósobákban (télen) a leggyakoribb nemzetségek sorrendben: *Cladosporium* (39,3%), *Penicillium* (38,4%), *Alternaria* (14,1%) és *Aureobasidium* (2,1%). Hálósobákban (nyáron) a *Cladosporium* (48,7%), *Alternaria* (18,5%), *Epicoccum* (18,1%), *Penicillium* (3,4%). A nappaliban télen a *Cladosporium* dominált (87,8%), utána az *Alternaria* 7,9%-al, míg nyáron szintén a *Cladosporium* nemzetség volt a domináns, utána viszont a *Fusarium*

nemzetség volt gyakori. Fürdőszobában (télen) a *Cladosporium* és a *Penicillium* voltak gyakoriak, 10% alatt pedig az *Aureobasidium*, *Epicoccum* és az *Alternaria*. Fürdőszobákban (nyáron) a *Cladosporium* 78,1%-ban volt jelen, utána (10% alatt) az *Epicoccum*, *Alternaria*, *Penicillium* nemzetségek voltak gyakoriak. Konyhában (télen) a *Penicillium* volt a domináns nemzetség (70,6%), utána *Cladosporium*, *Alternaria* és *Aureobasidium*. Pincében (télen) a *Cladosporium*, a *Penicillium* és a *Trichoderma* nemzetségek voltak gyakoriak. Pincében (nyáron) a *Crysonilia* 59,8%-kal a leggyakoribb nemzetség, utána a *Penicillium*, *Trichoderma*, *Alternaria* következett. (62). Mint azt fentebb látható, hazánkban a leggyakoribb gombanemzetség a beltéri levegőben szintén a *Cladosporium*, mellette pedig a *Penicillium* és az *Aspergillus*. Magyarországon csak nagyon ritkán mutattuk ki a *Crysonilia* nemzetséget.

Belgiumban 130 lakást és házat vizsgáltak meg, vidéken és városban egyaránt, majd a 10 év alatt összegyűjtött adatokból készítettek elemzést. 50 nemzetséget mutattak ki a beltéri mintákban. A leggyakoribb nemzetségek, ugyanúgy, mint esetünkben; a *Cladosporium*, *Penicillium* és az *Aspergillus* nemzetségek voltak. A beltéri mintavételezésből származó *Cladosporium* nemzetség főként két fajt tartalmazott: a *C. herbarum* volt a leggyakoribb, utána a *C. sphaerospermum* következett. E gombákat főleg hálósobából és – vizsgálatunkhoz hasonlóan – fürdőszobából izolálták (55).

Egy kanadai felmérésben a *C. cladosporioides* bizonyult gyakori fajnak, e vizsgálat szerint a kanadai lakások 67%-ában van jelen (63). Belgiumban a nemzetség ezen faja csupán a harmadik helyet foglalja el, 41,5%-kal (55). Itt a *Penicillium*-fajok nagyon gyakoriak voltak mindenféle helységben, de a legtöbbet nappaliból, pincéből és hálósobából izolálták. 20 otthonban a *Penicillium* koncentrációja magas (375 CFU/m³ feletti) volt. E nemzetséghez tartozó számos faj került elő (*P. aurantiogriseum*, *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. corylophilum* és *P. spinulosum*). Az *Aspergillus* nemzetségben az *A. versicolor* volt a domináns faj (76,2% a lakásokban), amely a nappaliban, hálósobában és pincében volt jelen legnagyobb koncentrációban (55). E gomba magas koncentrációt 17 lakásban érte el. (13%).

Skóciában 47 lakást vizsgáltak, ezek 75%-ában volt jelen az *A. versicolor* (64). Előzetes vizsgálataink szerint hazánkban is az *A. versicolor*, ill. a hozzá rendszertanilag közel álló *A. sydowii* a leggyakrabban előforduló tagjai e nemzetségnek. Új-Zélandon 35 asztmás beteg otthonát vizsgálták, a felmérés szerint az *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, és nem azonosított bazídiumos gombák mindig jelen voltak, valamint az *Alternaria* nemzetség is gyakori volt (65).

Franciaországban 37 otthont vizsgáltak a Bouches-du-Rhône vidéken, amiből 31-ben találtak *Cladosporium*-ot, 28-ban *Penicillium*-ot, 21-ben *Alternaria*-t és 19-ben *Aspergillus*-

t (66). Dániában 44 otthonban készítettek felmérést, ebből kiderült, hogy a domináns fajok a *C. herbarum*, *Penicillium* spp., *C. sphaerospermum* és *C. cladosporioides* (67).

Lengyelországban (Felső-Szilézia) több, mint 100 lakást és irodát vizsgáltak meg, ezek között voltak látható gombával szennyezett és nem szennyezett lakások. 15 különböző településen történt felmérés, amelyek levegőjére a helyi ipari termelés miatt magas szennyezettség volt jellemző. A legtöbb vizsgált lakás panellakás volt. A nemzetségek közül a *Penicillium* fajok 97%-ban voltak jelen a vizsgált lakásokban, az *Aspergillus* fajok 62%-ban, az élesztők pedig 52%-ban (68).

Litvániában 14 lakást vizsgáltak, 86%-ban volt látható penészesedés. A *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria* nemzetségek voltak gyakoriak, ezek az összes vizsgált lakások 100%-ában voltak jelen. *Mucor* 93%-ban, *Rhizopus* 86%-ban, *Ulocladium* 79%-ban, *Mortierella* és *Aureobasidium* egyaránt 71%-ban, *Oidiodendron* és *Geotrichum* is 57%-ban és *Trichoderma* 36%-ban volt jelen a lakások levegőjében (69). Észtországban 44 irodahelyiséget vizsgáltak 4 irodaépületben, az átlagkoncentráció 165 CFU/m³ volt, és 11 gombafajt találtak (70).

Az allergén kontroll lehetőségei a gombaallergiások környezetében

A vizsgálatok további folytatását a hazánkra jellemző épülettípusok (pl. panel-, vályog-, újjépítésű vagy utólagosan szigetelt családi ház, körfolyosós bérház) figyelembe vételével tervezzük. Az épülettípusok meglehetősen eltérő típushibákkal rendelkeznek, melyek meghatározhatják a beltéri gombaösszetételt. A penészgombák megtelepedése függ a rendelkezésükre álló nedvességtől és tápanyagoktól, valamint a gomba spórák jelenlététől.

Mivel a gomba spórák és a tápanyagok jelenléte többnyire adott, a nedvesség megléte a döntő tényező. A nedvesség többféleképpen létrejöhet a tervezés, kivitelezés, karbantartás hibáiból eredően, melyek igen változatosak lehetnek. Víz- vagy hőszigetelés hiányosságai (geometriai vagy anyagváltásból eredő hőhídak), fűtetlen belső tér (pl. garázs)(71), árvíz, nem megfelelő vízvezetés (ereszcsatorna, drén, stb.), falakban maradt építési nedvesség, eső/hó által beázott tető vagy falszakasz, épületgépészeti hiba (csőtörés), helytelen lakáshasználatból eredő magas páratartalom, szellőzőrendszerben lecsapódott nedvesség, pincéből vagy más külső forrásból beáramló nedves levegő. A páratartalmat növeli a lakótér zsúfoltsága (egy főre eső négyzetméter aránya, az emberi légzés, valamint más emberi tevékenységek, pl.: ruhaszárítás, főzés, fürdőszoba használat, stb.).

A 70% feletti relatív páratartalom már megfelelő feltételeket teremt a penészgombák szaporodásához. A páratartalom csökkentésével ugyan gátat szabhatunk a gombáknak, de meg kell említeni, hogy a túl száraz levegő légzőszervi panaszokkal járhat (az ideális páratartalom felnőtt ember számára 40–60%).

Fontos hangsúlyt fordítani az épület tervezésére, az építőanyagok kiválasztására, a szellőzés tervezésére, a megfelelő kivitelezésre, a karbantartásra, mivel az építési hibák révén hamar megjelennek a penészgombák, ezzel nem ritkán hosszan tartó, súlyos megbetegedést okozva. A beázás okának felderítése és elhárítása kulcsfontosságú, azonban nem minden esetben igényel költséges (pl. építészeti) beavatkozásokat. Fontos, hogy a betegek fordítsanak megfelelő figyelmet a megelőzésre és az allergén kontrollra (72). A penészesedés elleni harcban csak akkor számíthatnak sikerre, ha az allergénkontroll minden lépését betartják:

1. A kiváltó ok, pl. a nedvesség felderítése és megszüntetése;
2. Az allergénforrások felderítése és megszüntetése, pl. penészmentesítés;
3. Takarítás.
4. További, javasolt 4. lépés az ellenőrzés.

Az allergénkontroll jelentősen hozzájárulhat a betegség kezelésének sikeréhez, sőt akár teljes tünetmentesség is elérhető, az esetleges új megbetegedések kialakulása pedig elkerülhető. A penészesedés kérdésének visszaszorítása építészek és orvosok összefogásával lehet eredményes. Orvosi szempontból a cél a penészgomba-allergiák pontosabb diagnosztizálása és ez által a személyre szabott kezelése. Ennek érdekében az első lépés a hazai belső terek gombavilágának pontos ismerete.

Jelen dolgozatban a gombákat csak nemzetség szinten határoztuk meg, azonban fontos további lépés lenne a gombák fajszerinti ismerete is, mivel így pontosabb képet kaphatunk arról, hogy milyen allergénekkal állunk szemben (73). Az allergének pontos ismerete pedig azt a célt szolgálná, hogy az allergológus orvosok a betegek vizsgálata során a hazánkban előforduló allergének kimutatására alkalmas (releváns) diagnosztikumot használhassanak.

IRODALOM REFERENCES

1. Singh J.: Toxic moulds and indoor air quality. *Indoor and Built Environment* 2005.14(3-4). 229-234.
2. Helbling A., Reimers A.: Immunotherapy in fungal allergy. *Current Allergy and Asthma Reports* 2003.3(5).447-53.
3. Bornehag C-G., Sundell J., Sigsgaard T.: Dampness in buildings and health (DBH): report from an ongoing epidemiological investigation on the association between indoor environmental factors and health effects among children in Sweden. *Indoor Air* 2004.14.59-66.
4. Crook B., Burton N.C.: Indoor moulds, sick building syndrome and building related illness. *Fungal Biology Reviews* 2010.24.106-113.
5. Douwes J., Thorne P., Pearce N., Heederik D.: Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Annals of Occupational Hygiene* 2003.47:187-200.
6. Reboux G., Bellanger A-P., Roussel S., Grenouillet F., Millon L.: Moisissures et habitat: risques pour la santé et espèces impliquées. *Revue des Maladies Respiratoires* 2010.27.169-179.
7. Singh J.: Review: occupational exposure to moulds in buildings. *Indoor and Built Environment* 2001.10.172-178.
8. Nékám K.: Asztma és allergia prevenció: lehetőségek és lehetetlenségek. *Hippocrates családvorosi és foglalkozás-egészségügyi folyóirat* 2001.3(5)301-304.

9. *De Hoog G.S., Guarro J.*: Atlas of Clinical Fungi. CBS.Baarn.1995.
10. *Samson R.A.*: Food and Indoor Fungi. CBS laboratory manual series. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. Utrecht. 2010.
11. *Flannigan B., Samson R.A., Miller J.D.*: Micro organisms in home and indoor work environments. Diversity, Health Impacts , Investigation and Control. 2nd edition. CRC Press. 2011.
12. *Wålinder R., Ernstgard L., Johanson G., et al.*: Acute effects of a fungal volatile compound. Environmental Health Perspectives 2005.113.1775–8.
13. *Jarvis B.B., Miller J.D.*: Mycotoxins as harmful indoor air contaminants. Applied Microbiology and Biotechnology 2005.66:367–372.
14. *Nielsen K.F.*: Mycotoxin production by indoor molds. Fungal Genetics and Biology 2003.39.103–117.
15. *Dobolyi Cs., Sebők F., Varga J., és mtsai.*: Aflatoxin-termelő *Aspergillus flavus* törzsek előfordulása hazai kukorica szemtermésben. Növényvédelem 2011.47.125–133.
16. *Douwes J.*: (1-3)- β -D-Glucans and respiratory health: a review of the scientific evidence. Indoor Air 2005.15:160–169.
17. *Portnoy J.M., Barnes C.S., Kennedy K.*: Sampling for indoor fungi. Journal of Allergy and Clinical Immunology 2004.113.189–198.
18. *Jovanovic S., Felder-Kennel A., Gabrio T., et al.*: Indoor fungi levels in homes of children with and without allergy history. International Journal of Hygiene and Environmental Health 2004.207.369–378.
19. *Reboux G., Bellanger A-P., Roussel S., et al.*: Indoor mold concentration in Eastern France. Indoor Air 2009.19.446–453.
20. *Ren P., Jankun T.M., Belanger K., et al.*: The relation between fungal propagules in indoor air and home characteristics. Allergy 2001.56.419–424.
21. WHO: WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. World Health Organization Regional Office for Europe. Copenhagen. 2009.
22. IOM: Damp indoor spaces and health. National Academy of Sciences, Institute of Medicine. Washington DC. 2004.
23. *Rudnai P., Varró M.J., Málnási T., et al.*: Damp, mould and health. In: Housing and health in Europe. Szerk.: Ormandy D. Routledge, London and New York, 2009.125–141.
24. *Fisk W.J., Lei-Gomez Q., Mendell M.J.*: Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. Indoor Air 2007.17(4):284–296.
25. *Simoni M., Lombardi E., Berti G., et al.*: Mould/dampness exposure at home is associated with respiratory disorders in Italian children and adolescents: the SIDRIA -2 Study. Occupational and Environmental Medicine 2005.62(9).616–22.
26. *Kilpeläinen M., Terho E.O., Helenius H., et al.*: Home dampness, current allergic diseases, and respiratory infections among young adults. Thorax 2001.56(6).462–467.
27. *Nakayama K., Morimoto K.*: Relationship between, lifestyle, mold and sick building syndromes in newly built dwellings in Japan. International Journal of Immunopathology and Pharmacology 2007.20(2).35–43.
28. *Horner W.E., Helbling A., Salvaggio J.E., et al.*: Fungal allergens. Clinical Microbiology Reviews 1995.8(2).161–79.
29. *Lødrup Carlsen K.C., Carlsen K.H., Buchmann M.S., et al.*: Cockroach sensitivity in Norway: a previously unidentified problem? Allergy 2002.57(6).529–33.
30. *Burge H.A.*: Fungi: toxic killers or unavoidable nuisances? Annals of Allergy, Asthma & Immunology 2001.87:52–56

31. Mendell M.J., Mirer A.G., Cheung K., Tong M., Douwes J.: Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: a review of the epidemiologic evidence. *Environmental Health Perspectives* 2011.119.748–756.
32. Rudnai P., Varró M.J., Mácsik A., és mtsai.: A lakáspenészedés népegészségügyi jelentősége az OGYELF adatai alapján. *Magyar Epidemiológia* 2009.6S.88–89.
33. Rudnai P., Vetro A., Varró M.J., et al.: Damp/mouldy homes and depression of 9–10 year old children. Abstracts of the 23rd Annual Conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE). *Environ Health Perspect* 2011. Abstract No.:493.
34. Varró M.J., Virágh Z., Rudnai P.: Pszichoszomatikus tünetek környezet-epidemiológiai összefüggései 7–11 éves gyermekek körében, 1995–2002. In: *Környezeti ártalmak és a légzőrendszer XV. Kötet. Szerk.: Szabó T., Bártfai I., Somlai J. Zalaegerszeg. II. 2005.357–368.*
35. Posgay M., Varró M.J., Ungváry G., és mtsai.: Eternitgyár 500 m-es körzetén belül, valamint azon kívül élő lakosság egészségi állapotának felmérése. *Egészségtudomány* 2004.48(1).27–36.
36. Varró M.J., Posgay M., Lang Z., és mtsai.: Tüdőrák és állandó lakáspenészedés összefüggése egy környezet-epidemiológiai vizsgálatban. In: *Környezeti ártalmak és a légzőrendszer XV. Kötet. Szerk.: Szabó T., Bártfai I., Somlai J. Zalaegerszeg. II. pp. 2005.349–355.*
37. Varró M.J., Mácsik A., Tüske-Szabó E., és mtsai.: Fejlődési rendellenesség és kockázati tényezők kapcsolata gyermek-környezetepidemiológiai felmérések alapján. *Magyar Epidemiológia* 2010.7S.77.
38. Posgay M., Varró M.J., Lang Z.: Felnőttek egészségi állapotának felmérése és annak környezeti tényezőkkel való összefüggésének vizsgálata Komáromban kérdőíves felmérés alapján. *Magyar Epidemiológia* 2006.3(3).179–191.
39. Magyar D., Novák E.K., Collinsné Horváth Zs. és mtsai.: (2004) Indoor gomba allergén vizsgálat pormintákból. *Magyar Tüdőgyógyász Társaság* 53. Nagygyűlés, június 3–6. Debrecen S:E-129.
40. Rudnai P., Varró M.J., Virágh Z.: Az allergia prevalenciája és kockázati tényezői 7–11 éves gyermekek között végzett környezet-epidemiológiai vizsgálataink alapján. In: *Környezeti ártalmak és a légzőrendszer XV. Kötet. Szerk.: Szabó T., Bártfai I., Somlai J. Zalaegerszeg. II. 2005.229–236.*
41. Szabó E., Varró M.J., Mácsik A., és mtsai.: Gyermekek körében jelentkező légúti és allergiás tünetek gyakoriságának és kockázati tényezőinek vizsgálata három városban. *Egészségtudomány* 2008.52(4).63–102.
42. Novák E.K.: Lakások gombaszennyezettségének egészségügyi vonatkozásai. *Épületgépészet* 1989.32.122–123.
43. Szánthó A., Osváth P., Horváth Zs. et al.: Study of mould allergy in asthmatic children in Hungary. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology* 1992.2.84–90.
44. Andersen A.A.: New sampler for the collection, sizing, and enumeration of viable airborne particles. *Journal of Bacteriology* 1958.76. 471–484.
45. Macher J.M.: Positive-hole correction of multiple-jet impactors for collecting viable microorganisms. *Am Ind Hyg Assoc J* 1989.50(11).561–568.
46. Bánhegyi J., Tóth S., Ubrizsy G., és mtsai.: Magyarország mikroszkopikus gombáinak határozókönyve. Akadémiai Kiadó. Budapest 1985.
47. Babos L., Kecskés M., Naár Z., és mtsai.: Baktérium-, alga-, gomba-, zuzmó- és mohahatározó. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest. 2003.
48. Crous P.W., Braun U., Schubert K., et al.: The genus *Cladosporium* and similar dematiaceous hyphomycetes. *Studies in Mycology* 2007.58.1–253.
49. Fassatióvá O.: Penészek és fonalas gombák az alkalmazott mikrobiológiában. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1984.
50. Klich M.A.: Identification of common *Aspergillus* species. CBS. Utrecht. 2002.
51. Leslie J.F., Summerell B.A., and Bullock S.: *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. Ames, Iowa. 2006.

52. Samson R.A.: **Food and Indoor Fungi. 2. kötet: CBS laboratory manual series.** CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. Utrecht. 2010.
53. Simmons G.E.: **Alternaria: An Identification Manual.** CBS. Utrecht. 2007.
54. Singh K.: **An Illustrated manual on identification of some seed-borne Aspergilli, Fusaria, Penicillia and their mycotoxins.** Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries. Hellerup. 1991.
55. Beguin H., Noland N.: **Mould biodiversity in homes. I. Air and surface analysis of 130 dwellings,** *Aerobiologia* 1994.10(2-3).157-166.
56. Moriske H.-J., Szezyk R.: **Zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen** Herausgeber und Redaktion: Umweltbundesamt. Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, Umweltbundesamt. Berlin. 2002.
57. Flückiger B., Koller T., Monn C.: **Comparison of airborne spore concentrations and fungal allergen content.** *Aerobiologia* 2000.16(3-4).393-396.
58. Barnes C.S., Amado M., Portnoy J.M.: **Reduced clinic, emergency room, and hospital utilization after home environmental assessment and case management.** *Allergy and Asthma Proceedings* 2010.31:317-323.
59. Boutin-Forzano S., Charpin-Kadouch C., Chabbi S., et al.: **Wall relative humidity: a simple and reliable index for predicting *Stachybotrys chartarum* infestation in dwellings.** *Indoor Air* 2004.14:196-9.
60. Cai G.-H., Broms K., Malarstig B., Zhao Z.H., et al.: **Quantitative PCR analysis of fungal DNA in Swedish day care centers and comparison with building characteristics and allergen levels.** *Indoor Air* 2009.19.392-400.
61. Magyar D., Erdei E., Farkas I., és mtsai.: **Lakóbelsőtéti házipor minták élő mikroflóra vizsgálata. A Magyar Higiénikusok Társasága 31. Vándorgyűlése előadásainak és poszttereinek összefoglalói** 1999.56-57.
62. Comtois P.: **Indoor mold aerosols.** *Aerobiologia* 1990.6(2).165-176.
63. Miller J.D., LaFlamme A.M., Sobol Y., et al.: **Fungi and Fungal Products in some Canadian Houses.** *International Biodeterioration* 1988.24.103-120.
64. Hunter C.A., Grant C., Flannigan B., et al.: **Mould in buildings: the air spora of domestic dwellings.** *International Biodeterioration* 1988.24.81-101.
65. Sheridan J.E., Coleman E.D., Holst P.E., et al.: **Aeroallergens in homes of Wellington asthmatics, 1 Settle plate survey for viable fungi.** *New-Zealand Journal of Science* 1983.26.1-7.
66. Mallea-Lauriol M.: **Contribution à la connaissance de la flore aéromycologique de Marseille on milieux urbains, domestiques et hospitalier, Thèse.** Université d'Aix-Marseille. 1980.
67. Gravesen S.: **Identification and quantitation of indoor airborne micro-fungi during 12 months from 44 Danish homes.** *Acta Allergologica* 1972.27.337-354.
68. Górny R.L., Dutkiewicz J.: **Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in central and eastern european countries.** *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2002.9.17-23.
69. Krikštaponis A.: **Diversity of Fungi Species in Occupational and Residential Environments and Their Biological Peculiarities (Toxicity, Pathogenicity, Proteolytic, Lipolytic, and Cellulolytic Activity).** Ph.D. Thesis. Institute of Botany. Vilnius. 2000.
70. Indermitte E.: **Microbial status of indoor air in office buildings in Estonia.** *Proceedings of 5th Valamo Conference on Environmental Health and Risk Assessment*, 15. 2001.
71. Magyar D., Beregszászi T., Kredics L., és mtsai.: **Garázs a lakásban- Biológiai eredetű légszennyezők. Hűtő- Klíma- és Légtechnikai Épületgépészeti szaklap** 2013.14(11) 57-60.
72. Magyar D.: **Allergia és allergének a belső légtérben.** *Asztma és Allergia AMEGA* 2008.15(3).36-38.
73. Bisht V., Kukreja N., Singh B.P., et al.: **Current status of fungal allergens.** *Indian Journal of Allergy, Asthma and Immunology* 2003.17(1).9-19.